

⑨日本国特許庁

⑩特許出願公開

公開特許公報

昭52-95581

⑤Int. Cl.  
C 23 C 15/00

識別記号  
1 0 4

⑥日本分類  
13(7) D 62  
12 A 27

庁内整理番号  
7128-42  
7128-42

④公開 昭和52年(1977)8月11日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 10 頁)

⑤スパッタ装置

②特 願 昭51-13015

②出 願 昭51(1976)2月9日

⑦発 明 者 三隅孝志

府中市西谷五丁目8番1号日電  
パリアン株式会社内

⑦発 明 者 細川直吉

府中市四谷五丁目8番1号日電  
パリアン株式会社内

①出 願 人 日電パリアン株式会社

府中市四谷五丁目8番1号

④代 理 人 弁理士 内原晋

明 細 書

発明の名称

スパッタ装置

特許請求の範囲

真空容器内に配設されたターゲットと、該ターゲットの近傍に磁界を形成する手段とを備えるスパッタ装置において、該ターゲットと該ターゲット近傍の磁界との相対的位相関係を時間的に変動せしめる手段を有するスパッタ装置。

発明の詳細な説明

本発明は磁界中の放電を利用して被膜を形成するスパッタ装置の構造に関するものである。

直交電磁界放電を利用した実用的なスパッタ装置のターゲット近傍における磁界の分布は一般に不均一である。この磁界の分布の不均一性は、電極の形状によつて解消される場合もあるが、一般には電子を磁界で閉じ込めて放電の効率を上げ高

密着のプラズマを発生することにより被膜形成速度を上げ、かつ基板温度上昇を低くするという直交電磁界放電によるスパッタ装置には本質的に存在する。この不均一磁界分布の結果、ターゲット表面は不均一なイオン衝撃を受け、局部的な侵蝕を受ける。このため従来のターゲットの寿命は局部的な侵蝕から決まり、特にターゲットの材質が脆い場合には不経済であつた。他方ターゲットの侵蝕部分はスパッタが非常に強く起るため、基板側のスパッタ膜の厚さの分布はこの侵蝕部の形状から決まってしまう状態であつた。このために如何なる形状および寸法のターゲットに対しても均一な膜厚分布を相することはできず、比較的限られた形状および寸法のターゲットしか実用化できないという問題があつた。

さらに、従来の直交電磁界を利用したスパッタ装置は、ターゲットから放出された電子の回転方向が磁界および電界で一様に定ってしまうので、基板が静止している場合には基板の一部のみ電子衝撃を受け、他の部分は全く受けられないといふ

とが起り、被膜の特性に悪影響を及ぼしていた。  
また、ターゲットのイオン衝撃が局部的であり、殆んどイオン衝撃を受けない個所があるため、従来の電極構造ではこのイオン衝撃を受けない個所に汚染層が次第に堆積し、特に活性な金属ターゲットの場合には酸化層が発達し易かった。このためしばしばこの部分でチャージアップし、これに伴う酸化被膜の破裂とアーク放電が起り、安定な放電持続に支障があった。アーク放電が起るとターゲット電圧を印加している電源は一瞬出力部で短絡された状態となり、電源が破損する危険があるばかりでなく、アーク放電によって生じた局部的な熱により溶けた微粒子状の物体が飛び散り基板の損傷も起こることがある。また汚染層の堆積は、アーク放電を誘発しなかったとしても、ここが完全にイオン衝撃されないという訳ではないので、スパッタ膜中の不純物源ともなり好ましくない。

本発明の目的は、ターゲット表面を均一にイオン衝撃し、ターゲットを経済的に消耗するように

るガス導入系30と、真空容器10の内部に設けられてベースプレート11に取り付けられた絶縁ポート12を介して固定された円筒形状ターゲット40と、このターゲット周囲の筒状の基板ホルダー41と、このターゲットに負電圧を供給する電源系50と、このターゲット40と基板ホルダー41のある空間にターゲット軸と平行な主成分の磁界をつくるためターゲット40内部に備えられてある永久磁石60とから構成される。絶縁ポート12とターゲット40の一部は、アース電位のシールド13によりスパッタ粒子の飛来を防いでいる。アース電位の上部シールド14は、真空容器10内でターゲット40の両端部に加えられる電界を対称にするためのものであり、絶縁スペーサ15でターゲットに固定してかつ電気的にターゲットから浮してある。また電源50は直流電源の代りに高周波電源を用いることもある。永久磁石60は1個の磁石の代りに複数個の磁石を用いることもある。このような構造のスパッタ装置は適当な負電圧をターゲットに供給するとターゲッ

特開昭52-95581(2)

電極構造を改良した直交電磁界放電のスパッタ装置を提供することにある。

本発明の他の目的は、基板ホルダー上のスパッタ被膜厚の分布を均一にするスパッタ装置を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、ターゲット表面の局部的汚染層によるアーク放電の発生あるいは被膜中への不純物の混入を防止できるスパッタ装置を提供することにある。

本発明は、電磁界直交放電を利用したスパッタ装置において、ターゲット近傍の磁界とターゲットとの相対位置を時間的に変動させる手段を有するスパッタ装置にある。

次に図面により本発明を詳細に説明する。

第1図は、従来の棒状ターゲットから構成されるマグネトロン型スパッタ装置の一部を切り欠いた透視図、第2図はその構成図である。図においてスパッタ装置は、真空容器10を排気する真空ポンプなどの排気系20と、真空容器10にガスを導入して $10^{-1}$ 乃至 $10^{-4}$ Torrの圧力に設定す

とと基板ホルダーとの空間でマグネトロン放電を発生し、これによつて生じた陽イオンがターゲットを衝撃して基板面に被膜を形成する。

第3図(A)は第2図におけるターゲットとその内部に設定された永久磁石の断面図であり、第3図(B)はこれによつて発生するターゲット周囲の磁界、ターゲット面のエッチング割合および基板の膜厚のスパッタ特性のグラフでターゲット軸方向に関する分布を示す。ターゲット表面から一定の距離にあるターゲット軸方向の磁界の分布は、一点鎖線aのように磁石の端部効果により不均一となる。この場合のターゲットのエッチング分布は破線bで示すように磁界の不均一性に応じて中央部で深く、両端部で浅く均一でない。

また、膜厚分布は実線cで示すように、中央部で厚く両端部で薄い不均一な被膜となっている。

第4図(A)は、本発明の第一実施例の構成図を示し、第3図(A)と同様の構造で、永久磁石60を矢印で示される方向に往復運動ができるようにしたものである。このときのターゲットに対する永久

磁石60の位置は第4図(B),(C)のようになる。第4図(D)は、この構成によるスパッタ特性のグラフである。このように永久磁石の往復運動の結果、磁界分布は均一化され、したがって膜厚分布、エッチング割合分布も均一化される。

第5図(A)は、第3図とは異った従来のターゲットの構成図であり、2個の永久磁石61がポールピース62を介在して対向している。第5図(B)は、この場合の前記同様の特性を示すグラフである。この場合も、この図のように被膜は不均一になる。

第6図(A)は、本発明の第二実施例の構成図を示し、第5図(A)と同様な構造で、第4図(A)と同様に永久磁石61を往復運動できるようにしたものである。第6図(B),(C)は、永久磁石61を移動させたときの位置を示し、第6図(D)は、この場合のスパッタ特性を示すグラフである。この場合も第4図の場合と同様に被膜は均一化される。

これら本発明の要旨は、ターゲット内の永久磁石の往復運動することにより、永久磁石の形状・寸法・磁石の数には制約されない。

とラック溝103の噛み合せによりピニオン歯車の回転運動を永久磁石を含む水冷管107の直線運動に変換する構造になっている。冷却水は冷却水入口105より導入し、ターゲットと永久磁石の空間を遡り水冷管107の内部を通つて冷却水出口106へ流出する。水シール体102は冷却水の漏れを防止するものである。

第8図は本発明の水による永久磁石の駆動機構を示した第四の実施例の断面図である。両端部のベースプレート11に取付けられた絶縁ポート12を介して、水シール体102を含むターゲット40を固定して2個のリング101で真空シールしてある。中央部近辺に穴109と112のあいた永久磁石60は、水冷管110と113の間に仕切板108と111を設けて水が互に流出しないように組合せた中央部に固定してある。水冷管110と113には永久磁石の穴109と112が一致するよう穴が設けてある。冷却水は冷却水入口205より導入してターゲットと永久磁石の穴112を通り、水冷管110の内部を

一般に比較的長いターゲットを用いる場合の水久磁石は2個以上の磁石より構成することが望ましい。この場合のポールピースの寸法・形状は制約されない。またターゲット寸法が一定の場合磁石の数が多ければ駆動ストロークは小さくてすむが、多すぎると磁界が弱くなりスパッタ効果が少なくなるので、その選択には充分な工夫が必要である。

このようにターゲット内部に備えた永久磁石を往復駆動させることにより、ターゲットのエッチング分布および膜厚分布を均一にすることができるので、マグネトロン型スパッタ装置の生産を上げる上で大きな効果がある。

第7図は本発明の第三実施例の永久磁石の駆動機構の断面図である。ベースプレート11に取り付けられた絶縁ポート12を介してターゲット40を固定して、リング101で真空シールしてある。水シール体102およびラック溝103を含む水冷管107に永久磁石60を固定したものをターゲット内部に挿入し、ピニオン歯車104

通つて冷却水出口206より流出する。またもう一方の冷却水入口305からも冷却水を導入しターゲットと永久磁石の空間を通過して永久磁石の穴109を通り水冷管113の内部を通過して冷却水出口306より流出する構造になっている。永久磁石を含む水冷管110,113の駆動は、冷却水入口205に導入する冷却水の圧力を一定にし、冷却水入口305に導入する冷却水の圧力を冷却水入口205の圧力より高くしたり低くしたりすることにより、永久磁石を含む水冷管111,113を往復駆動する構造になっている。冷却水の圧力を一定にする場所は反対でもよい。このときは冷却水の圧力を変化させる場所も反対にする必要がある。水シール体102は冷却水の漏れを防止するものである。

なお本発明における往復運動は、定速運動であっても、カムを用いた単振動であってもよい。

第9図は、従来のマグネトロン型スパッタ装置の他の構成図であり、第2図との相違は、ターゲット内の永久磁石60の代りに、コイルによる励

磁系65およびターゲット40内部に鉄芯605を有するものであり、さらにターゲット40に端板43を備えている(端板の効果については、特願昭50-52696参照)。

この構造のスパッタ装置も第2図に示すスパッタ装置と同様に適当な負電圧をターゲットに供給し、励磁コイルに電力を供給し励起することによりターゲットと基板ホルダーの空間でマグネロン放電を発生し、これによって生じた陽イオンがターゲットを衝撃して基板面に被膜を形成する。

第10図(A)は第9図におけるターゲット40とその内部に設定された鉄芯605を示す断面図であり、第10図(B)はこのターゲットを使用した場合のスパッタ特性を示すグラフである。

ターゲット軸方向の磁界強度分布aは、鉄芯605のない場合の磁界強度分布dよりは改善されるが、不均一である。これに伴ってターゲットのエッチング割合b、基板上の膜厚分布cも不均一となっている。

第11図(A)は、本発明の第五実施例の構成図を

第12図は平板状ターゲットを備えた従来のスパッタリング装置の構成図、第13図はそのターゲット部分の構成図である。これは第2図の棒状ターゲットとは内部機構の形状が異なり平板状のターゲット40と平板状の基板ホルダー41が対向している。平板状ターゲット40のイオン衝撃を受ける面の裏面に接して円環状永久磁石631、円柱状永久磁石632及び円板状ヨーク633の三部分から成る円環磁界発生機構63が設置され、これによりターゲットのイオン衝撃を受ける面の近傍の空間には矢印634に示される方向の磁力線を生じている。第13図(B)はターゲット40の平面図であり、ターゲット面に対して平行な成分をもつ磁界は、破線a及び破線bで囲まれるような円環状領域64で、磁石の中心点Pから放射状に矢印634に示される方向に生じている。このような電極構造で放電を行うと、ターゲット近傍の放射状磁界が生じている円環状領域にプラズマが閉じ込められる結果ターゲットはこの部分が強いイオン衝撃を受ける。第13図(C)はこのような

特開昭52-95581(4)

示し、第10図(A)における鉄芯605を矢印の方向にあらかじめ定められた速度で往復運動できるようにしたものである。この鉄芯605は第11図(B)(C)に示す位置の範囲運動し、この結果のスパッタ特性は第11図(D)の磁界強度a、エッチング割合bおよび膜厚分布Cのように均一化される。この実施例の要旨は、ターゲット内部に備えられた鉄芯を往復駆動することであり、鉄芯の形状・寸法には制約されるものではない。この鉄芯の寸法が大きすぎると磁力線の吸収が必要以上大きくなり、また鉄芯が長すぎると、駆動ストロークが長くなると共に必要以外の場所への磁力線の吸収が増して、必要な場所への磁力線の吸収が減りスパッタ効果も少なくなる。

一般に鉄芯は棒状ターゲットの冷却を行かうために使用する冷却水導入用または排出用パイプの一部を磁性体で構成すると実用的である。

次に本発明を平板状電極とこの平面に平行な成分をもつ磁界との組合わせによる電極構造に応用した場合の実施例を説明する。

ターゲットを長時間スパッタリングした後のターゲットの消耗の様子を示すターゲット断面図である。図に示す如く、円環領域に対応する部分402は深く侵蝕されるが、円環磁界からはずれたターゲットの中心部401及びターゲットの周辺部は殆んどエッチングを受けない。このためターゲットの寿命は円環状の侵蝕の深さから決ってしまい、実用的な円形状ターゲットの場合寿命までターゲットを使用してもターゲットの全体積の10~20%程度しか消費しないことがわかった。

また、この形状の電極構造では第12図の基板ホルダー41上にも第13図(B)で示されるような円環状放射磁力線が生じているので、放電を行った場合電子はこの磁力線によって磁界方向に移動する。この結果基板ホルダーへ入射する電子は、基板ホルダー面に垂直に入射することなく特別な方向性をもつことになり、これは基板上に形成される被膜の特性に悪い効果を及ぼす。第14図は、このような電極構造をもつ場合に表面に凹凸がある基板の断面図を示す。図において矢印634に

示されるような磁界があった場合に、電子は多数の矢印64に示される方向に基板に入射する。このため基板の凹凸部を構成する壁面のうち、電子衝撃に晒される面411と電子衝撃を殆んど受けない面412ができる。このため基板表面に生じたスパッタ被膜のうち、第14図(B)で示されるように電子衝撃を多く受ける壁面411に接している部分dと、電子衝撃を殆んど受けない壁面412に接している部分gとの被膜の特性が異なる。このような基板ホルダー上の局部的に特性の異なる膜の生成は、例えば集積回路製造工程でアルミニウム配線を行ったシリコンウエハー基板上に石英ターゲットを用いて従来の方法によりSiO<sub>2</sub>被膜を行った場合に望ましくない現象となつてあらわれる。第14図(C)はこの場合にSiO<sub>2</sub>表面層を多く蝕く薬品水溶液でエッチングした場合に生ずる欠陥を示す被膜のついたシリコンウエハー基板の断面図である。図において413はシリコンウエハーを、414は厚さ約2μ幅約10μで、紙面に垂直な方向に配線されたアルミニウムを示す。

図とされる円環状放射磁界の領域64の中心点Qはターゲットの中心点Pと離れており、かつ点QはPを中心とする円cの上を回転する。このため第13図(B)の場合と比較してターゲットのイオン衝撃を受ける全面積は広がる。第15図(B)はこのようにして長時間使用したターゲットの断面図で、外周部403が殆んど浸蝕されないが、中心部も含みより広い面404が浸蝕されることがわかる。このようにしてターゲットの寿命までに消費できる割合をふやすことができる。また、この方法によれば基板ホルダー面上における磁界の方向も時々刻々変化し、これに応じて基板に入射する電子の方向も変化する。第14図(A)で電子衝撃を強く受ける壁面と殆んど電子衝撃を受けない壁面とが存在するのに対して、本発明によれば、電子衝撃を受ける面と受けない面とが時間的に変わり、時間平均をとるとすべての壁面が電子衝撃を充分均一に受け、基板全面にわたつて均一な特性の被膜が形成される。またイオン衝撃を殆んど受けないようなターゲット表面積が減るために、汚

スパッタリングにより厚さ約1μのSiO<sub>2</sub>膜415が第14図(B)に示すような状態で全体を被覆した後、弗酸を含む水浴中に短時間浸された結果、電子衝撃を受けない膜の破損部の一部に欠陥416が現われる。

更に従来の電極構造では第13図(C)で示されるイオン衝撃を殆んど受けないターゲット表面部分401及び403には汚染物が堆積して層を形成する。特にターゲットがアルミニウムの場合にはここに酸化膜が発達し、これはアーク放電の発生する原因となる。アーク放電が発生すると、原因に損傷を与える危険性があるばかりでなく、ターゲットの局部的加熱が起り微粒子が基板側に飛来して基板にも損傷を与える。また酸化膜が生じなくても表面汚染層は完全にイオン衝撃を受けない状態ではなく、弱いスパッタリングが起り被膜中の不純物源となりこれが発着することは好ましくない。

第15図(A)は、本発明の第6実施例のターゲット40と磁界領域64の関係を第13図(B)に対応して示した平面図である。破線a及びbによって

被膜の形成がさまたげられ、これに伴うアーク放電と被膜汚染の危険性を非常に低くすることができ

る。第16図(A)は本発明を平板型ターゲットに適用した第7実施例におけるターゲットと環状の放射磁界の組合わせを示す平面図である。図においてターゲット面は、破線a及びbによって囲まれ点Qを中心とするような比較的大きな1個の円環状の放射磁界領域64と破線e及びfによって囲まれかつ点R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>、R<sub>5</sub>を夫々中心とするような比較的小さな5個の円環状の放射磁界領域69が形成されている。放射状磁界領域64はその中心Qがターゲットの中心Pを中心とするような円Cの周上を回転するように運動し、5個の放射状磁界領域69はその中心R<sub>1</sub>～R<sub>5</sub>がターゲットの中心Pを中心とするような円fの周上を回転するように運動する。この結果、長時間使用したターゲットの断面図は第16図(B)に示されるようになる。この場合にはターゲットの浸蝕を受ける面404は第15図(B)の場合にくらべて更にタ

ターゲット全面にわたり均一化され、ターゲットは更に有効に消費される。

以上円板状ターゲットに関する本発明の要旨は、ターゲット表面の磁界をターゲットに対して相対的に移動させながらターゲットの広い面が時間平均して比較的均一なイオン衝撃を受けるようにするための手段を提供することであり、平板状ターゲットの形状とその駆動に設定される磁石の形状と磁石の数及びその駆動方法については制約されない。また磁界を発生手段として永久磁石を用いるものを説明したが、本発明の要旨はターゲットに対する磁界の相対的位相関係を時間的に変化させることにあり、磁界発生手段として、磁性材料を芯とした電磁石又は空芯の励磁コイルを使うこともできる。電磁石又は励磁コイルを用いた場合、これらを駆動することによりターゲットと磁界との相対位相関係を時間的に変えるものは、前述の実施例で述べたことから容易に推察できる。

このほかに電磁石又は励磁コイルとターゲットの相対的位相関係を固定したままでも磁界を変え

ることもできる。第17図(A)は本発明によるスパッタリング装置の第八実施例の構成図を示す。これは第12図に対して、円形平板状ターゲットのイオン衝撃を受ける面の外周をとりまくようなターゲットと同電位のターゲット外周壁42が設けられていること、および磁界発生のために励磁コイル66を用いることに特長上の相違がある。ターゲット外周壁42は被膜層のプラズマをターゲット側面の空間に発生するために本実施例に於ては有用な役割を果す。43はターゲット40の中心軸を示す。第17図(B)はターゲット40、ターゲット外周壁42及び励磁系の関係を示す平面図で励磁系はターゲット40の主平面に平行で矢印661に示される方向又はその反対方向の磁界を生ずることのできる一対の励磁コイル66と、ターゲット40の主平面に平行で矢印671に示される方向又はその反対方向の磁界を生ずることのできる一対の励磁コイル67とから構成される。この二対の励磁コイルを同時に働かせることにより、ターゲットの主平面に平行で例えば矢印

68に示されるような合成磁界を作ることができる。実際には励磁コイル66と67に位相が90度づれた同じ振幅の交流電流を流し、大きさが一定でターゲット主平面に平行でその軸43のまわりに回転するような磁界を生ずる。このような状態で真空容器内の圧力を $10^{-2} \sim 10^{-4}$  Torrに設定し、ターゲット40及びターゲット外周壁42にターゲットに負の電圧を印加すると放電が起り、この際ターゲットから放出された電子は、ターゲット主平面に垂直方向の電界とこれに平行な磁界の形成する直交電磁界空間で運動を行う。磁界が回転しない場合の電子の運動は、トロコイダル運動として知られているが、磁界が回転する場合の電子の運動は、非常に複雑な運動を行ない、放電時間に長時間拘束されるので、高密度プラズマがターゲット面上に均一に生ずる。

以上円形平板状ターゲットに平行な回転磁界を励磁コイルに流す電流によって発生した直交回転電磁界の説明を行なったが、本発明の主旨はターゲットと磁界との相対的位相関係を時間的に変動

することによりターゲットの形状及び励磁コイルの具体的形状等を制約するものではない。

#### 図面の簡単な説明

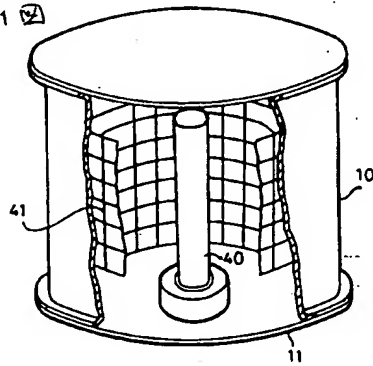
第1図は従来のマグネトロン型スパッタ装置の一部破断透視図、第2図はその構成図、第3図(A)および(B)はそのターゲット部分の断面図およびスパッタ特性のグラフ、第4図(A)、(B)、(C)および(D)は本発明の第一実施例のターゲット断面図(A、B、C)およびそのスパッタ特性のグラフ、第5図(A)および(B)は他の従来のターゲット断面図およびそのスパッタ特性のグラフ、第6図(A)、(B)、(C)および(D)は本発明の第二実施例のターゲット断面図(A)、(B)、(C)およびそのスパッタ特性のグラフ、第7図は本発明の第三実施例の磁石駆動機構の断面図、第8図は本発明の第四実施例の磁石駆動機構の断面図、第9図は従来の他のスパッタ装置の構成図、第10図(A)および(B)はそのターゲットの断面図およびスパッタ特性のグラフ、第11図(A)、(B)、(C)および(D)は本発明の第五実施例のターゲッ

ト断面図(A~C)およびそのスパッタ特性のグラフ。第12図は従来の平板型スパッタ装置の構成図。第13図(A)、(B)および(C)はそのターゲット断面図、平面図および消耗した断面図。第14図(A)、(B)および(C)は従来の基板の状態の断面図。第15図(A)および(B)は本発明の第六実施例のターゲット平面図および断面図。第16図(A)および(B)は本発明の第七実施例のターゲット平面図および断面図。第17図(A)および(B)は本発明の第八実施例のスパッタ装置の構成図およびターゲット平面図である。図において10……真空容器、11……ベースプレート、12……絶縁ポート、13、14……シールド、15……絶縁スペーサ、20……排気泵、30……ガス導入系、40……ターゲット、41……基板ホルダー、42……ターゲット外向盤、43……中心軸、50……スパッタ電源、60、61、63、631、632……永久磁石、62……ポールピース、64、69……磁界領域、65、66、67……励磁コイル、68、634……磁界の矢印、101……Oリング、102……

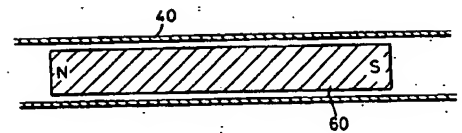
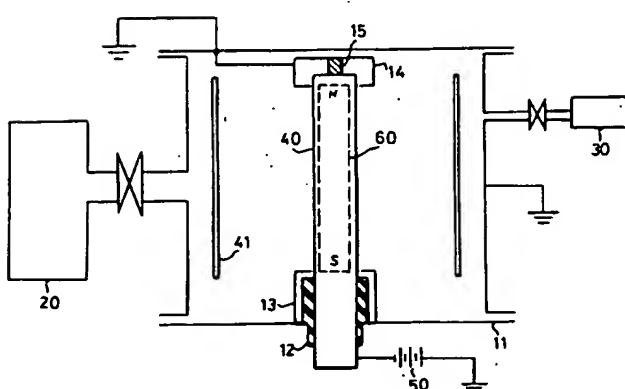
……水シール体、103……ラック溝、104……ビニオン歯車、105、205、305……冷却水入口、106、206、306……冷却水出口、107、110、113……水冷管、108、111……仕切板、109、112……穴、401、402、403、404……ターゲットの部分、411、412……基板傾斜面、413……シリコンウエーハ、414……アルミ配線、415…… $\text{SiO}_2$ 膜、416……欠陥部分、605……鉄芯、633……ヨーク、661、671……万向の矢印である。

代理人 井理士 内原 晋

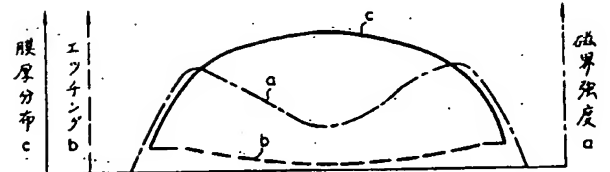
第1図



第2図



第3図(A)



第3図(B)

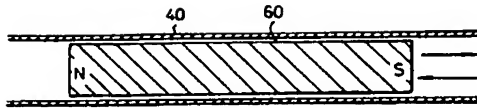


図4(A)

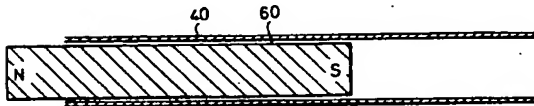


図4(B)

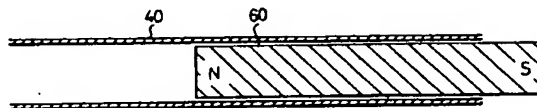


図4(C)

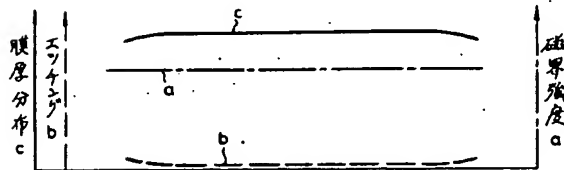


図4(D)

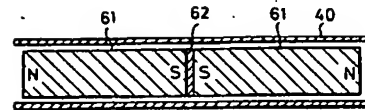


図5(A)

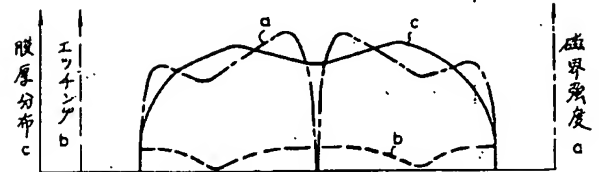


図5(B)

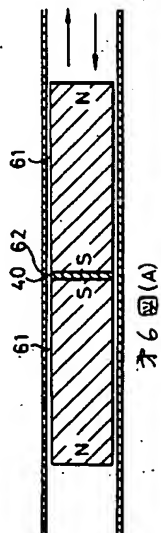


図6(A)

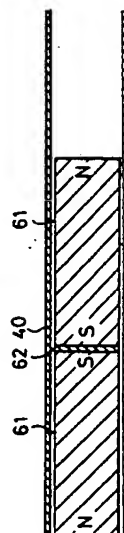


図6(B)

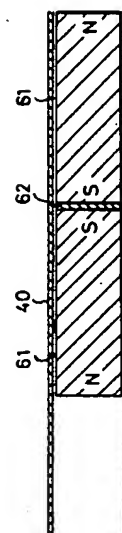


図6(C)

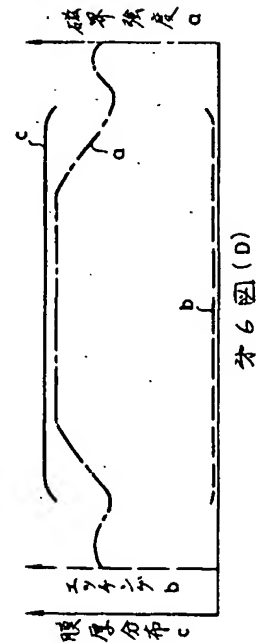
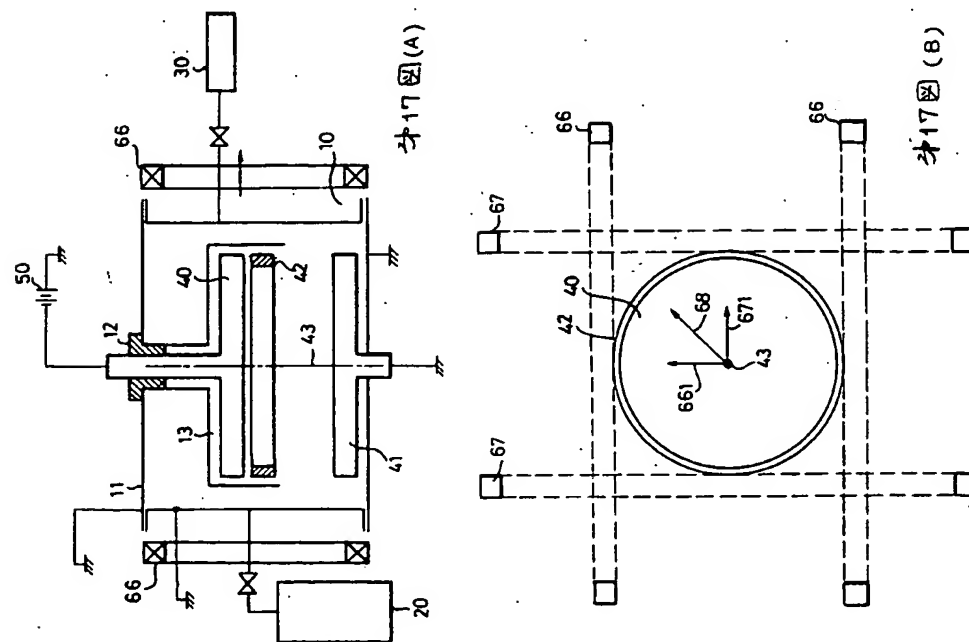
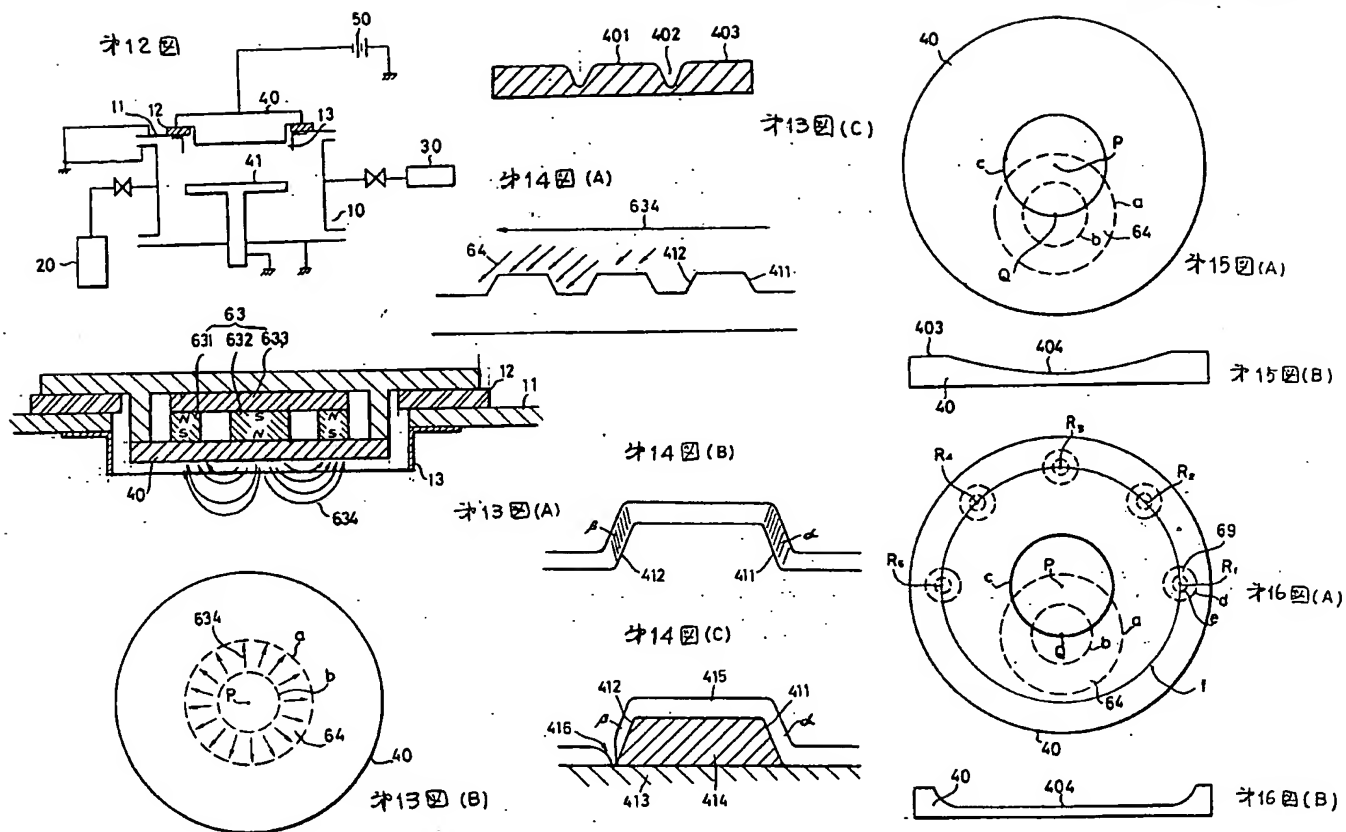
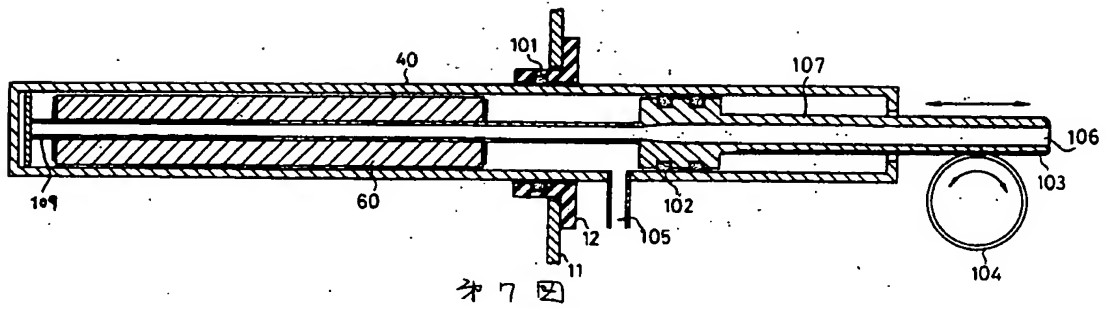
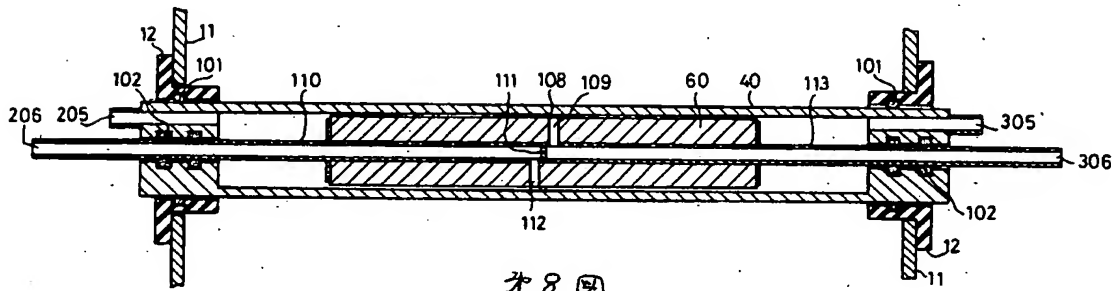


図6(D)

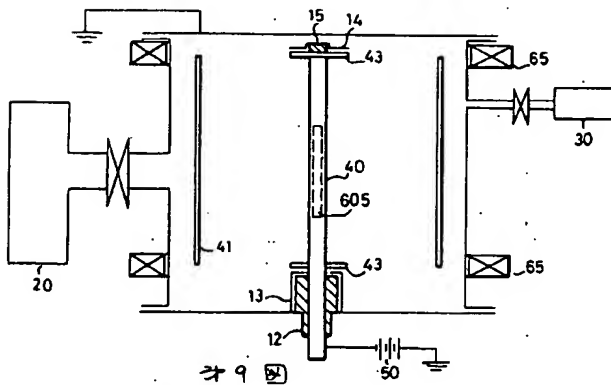




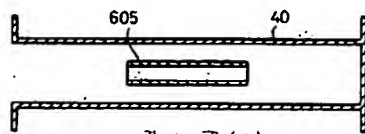
第7図



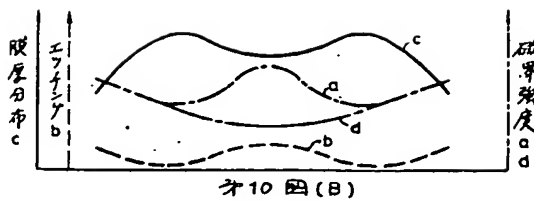
第8図



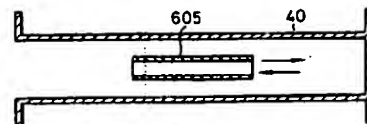
第9図



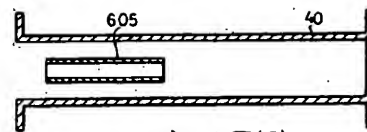
第10図(A)



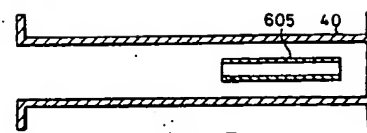
第10図(B)



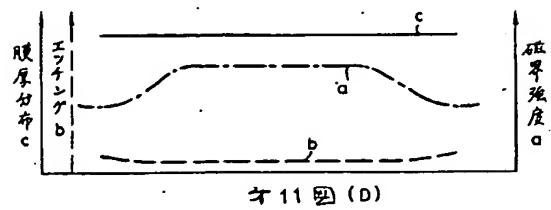
第11図(A)



第11図(B)



第11図(C)



第11図(D)